

(19) Organisation Mondiale de la Propriété  
Intellectuelle  
Bureau international



(43) Date de la publication internationale  
12 avril 2001 (12.04.2001)

PCT

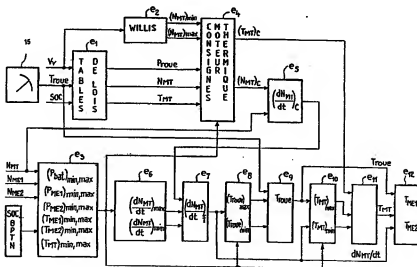
(10) Numéro de publication internationale  
WO 01/25049 A1

- (51) Classification internationale des brevets<sup>7</sup>: B60L 11/12, 15/20 (72) Inventeurs: CHAUVELIER, Eric; 38, rue Henri Husson, F-78320 Le Mesnil Saint Denis (FR). COUTIER, Thierry; 55, avenue de l'Ancienne Mairie, F-92100 Boulogne Billancourt (FR).
- (21) Numéro de la demande internationale:  
PCT/FR00/02697
- (22) Date de dépôt international:  
29 septembre 2000 (29.09.2000)
- (25) Langue de dépôt: français (81) État désigné (national): JP.
- (26) Langue de publication: français (84) États désignés (régional): brevet européen (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE).
- (30) Données relatives à la priorité:  
99/12302 1 octobre 1999 (01.10.1999) FR
- (71) Déposant: RENAULT [FR/FR]; 13-15, quai Alphonse le Gallo, F-92100 Boulogne Billancourt (FR). Publiée:  
— Avec rapport de recherche internationale.

[Suite sur la page suivante]

(54) Title: CONTROL METHOD FOR HYBRID VEHICLE

(54) Titre: PROCEDE DE COMMANDE D'UN VEHICULE HYBRIDE



E1...TABLE OF ENERGY MANAGEMENT LAWS  
E4...HEAT ENGINE INSTRUCTIONS

(57) Abstract: The invention concerns a control method for a hybrid vehicle with series/parallel electrical transmission, comprising a heat engine and two electrical engines with a double planetary gear train, and an electronic control computer, controlling each of the three engines based on the depression of the accelerator pedal by the driver, so that it computes the torque instructions ( $T_{ME1}$ ) of the first electrical engine ( $ME1$ ) and ( $T_{ME2}$ ) of the second electrical engine ( $ME2$ ) on the basis of the final instructions of three physical quantities, acceleration ( $dN_{ME1}/dt$ ) and the torque ( $T_{ME1}$ ), of the heat engine (1) and the wheel torque ( $T_{roue}$ ), defined between minimum and maximum limits calculated to respect the power, torque and minimum and maximum speed limitations of the engines and the battery

[Suite sur la page suivante]

WO 01/25049 A1



*En ce qui concerne les codes à deux lettres et autres abréviations, se référer aux "Notes explicatives relatives aux codes et abréviations" figurant au début de chaque numéro ordinaire de la Gazette du PCT.*

---

(57) Abrégé: L'invention concerne un procédé de commande d'un véhicule hybride à transmission électrique de type série/parallèle, comprenant d'une part un moteur thermique et deux moteurs électriques avec un double train épicycloïdal, et d'autre part un calculateur électronique de commande, commandant chacun des trois moteurs en fonction de l'enfoncement de la pédale d'accélérateur par le conducteur, tel qu'il calcule les consignes de couples ( $T_{ME1}$ ) du premier moteur électrique ( $ME_1$ ) et ( $T_{ME2}$ ) du deuxième moteur électrique ( $ME_2$ ) en fonction des consignes finales de trois grandeurs, l'accélération ( $dN_{MT}/dt$ ) et le couple ( $T_{MT}$ ) du moteur thermique (1) et le couple à la roue ( $T_{roue}$ ), définies entre des bornes minimale et maximale calculées pour respecter les limites des moteurs et de la batterie en puissance, en couple, en vitesse minimale et maximale.

## PROCÉDE DE COMMANDE D'UN VEHICULE HYBRIDE

L'invention concerne un procédé de commande d'un véhicule hybride à transmission électrique, de type série/parallèle, comprenant un moteur thermique et deux moteurs électriques qui entraînent les roues par un double train épicycloïdal plus particulièrement.

Un véhicule automobile de type hybride parallèle/série comprend au moins deux sources d'énergie, soit le carburant primaire - essence ou gasoil - qui alimente le moteur thermique et l'électricité qui alimente les deux moteurs électriques. Le dispositif de transmission mécanique de la puissance aux roues permet d'offrir la fonction série, c'est à dire que seuls les moteurs électriques fournissent la puissance aux roues, ainsi que la fonction parallèle pour laquelle les puissances mécaniques du moteur thermique et des moteurs électriques sont sommées au niveau des roues du véhicule. Dans le cas d'un véhicule hybride double différentiel, la transmission mécanique de puissance est réalisée par un double train épicycloïdal, c'est à dire constitué de deux trains épicycloïdaux reliés par une ou plusieurs liaisons.

L'architecture d'un véhicule hybride double différentiel est complexe et nécessite un système de commande électronique qui tient compte des rapports et des interactions entre les différents composants pour exploiter toutes les fonctionnalités et éviter de mettre en défaut le système.

30

Actuellement, il existe différentes architectures hybrides simples différentielles, mettant en jeu un

train épicycloïdal, deux machines électriques et un moteur thermique. Le brevet français N° 2 679 839 déposé au nom de JEUMONT SCHNEIDER propose un système dont l'arbre de sortie est lié au porte-satellite du

5 train épicycloïdal, la couronne à un premier moteur électrique et le planétaire au moteur thermique. Entre le train épicycloïdal et le moteur thermique est monté le second moteur électrique qui fonctionne en alternateur. La commande de ce système est destinée à

10 contrôler la vitesse de l'arbre de sortie. Pour cela, la commande fixe la valeur du régime du moteur thermique et fait varier la vitesse de l'arbre de sortie par le moteur électrique placé sur la couronne du train épicycloïdal. Le régime du moteur thermique

15 est fixe tant que la vitesse du véhicule n'implique pas un sursrégime du moteur électrique placé sous la couronne, sinon lorsque celui-ci atteint sa vitesse butée, le régime du moteur thermique est alors changé. La commande ne permet qu'un asservissement en vitesse

20 sans régulation possible du couple de sortie.

Une solution aux problèmes posés par les dispositifs existants à un train épicycloïdal est proposé dans la demande de brevet français N° 98 00795, déposée au nom

25 de RENAULT, qui concerne un groupe motopropulseur hybride comportant un double train épicycloïdal. Cette architecture à double différentiel présente des différences notoires avec l'architecture à simple différentiel. En particulier, si sur le simple

30 différentiel, le moteur électrique ME<sub>2</sub> monté sur la couronne transmet directement son couple aux roues, sans rapport de démultiplication, ce qui entraîne un dimensionnement élevé du moteur, dans le double différentiel, ce moteur ME<sub>2</sub> est découplé des roues par

35 l'intermédiaire du second train épicycloïdal. L'autre

liaison nécessaire entre les deux trains est celle qui relie les planétaires : le moteur électrique ME<sub>1</sub> qui est solidaire du planétaire du train épicycloïdal dans le cas du simple différentiel, est solidaire des deux trains épicycloïdaux par l'intermédiaire de leurs planétaires rigidement liés dans le cas du double différentiel. De plus, la commande d'un système à double différentiel ne découle pas de celle d'un simple différentiel car il existe des interactions plus complexes entre les composants. Dans le cas d'un simple différentiel, le régime du moteur thermique ne dépend que de ce moteur et du moteur électrique ME<sub>1</sub>, monté sur le planétaire du train qui sert à asservir le régime pendant que le second moteur électrique ME<sub>2</sub> complète le couple fourni par la couronne pour satisfaire le couple à la roue demandé par le conducteur. Il est possible de déterminer séquentiellement les couples des deux moteurs électriques qui agissent séparément sur les deux consignes à atteindre. Par contre, dans le cas d'un double différentiel, le régime du moteur thermique dépend des couples des trois moteurs et il devient impossible de contrôler le régime du moteur thermique et le couple à la roue du double différentiel par un calcul séquentiel des couples des deux moteurs électriques.

Il est également nécessaire d'établir les bornes maximales et minimales de l'accélération du moteur thermique et du couple à la roue réalisables en fonction des limites des composants et de l'état instantané du système, ce que ne prévoit pas la commande d'un simple différentiel.

Or cette architecture hybride à double différentiel a pour avantage, entre autres, d'apporter un rapport de

réduction supplémentaire entre le moteur électrique placé en parallèle et les roues, donc de transmettre à la roue un couple supérieur. Sa commande, plus complexe que celle d'un système simple différentiel,

5 réalise les objectifs suivants :

- satisfaire la demande du conducteur, que ce soit en couple, en accélération, en puissance ou en vitesse des roues ;

- contrôler les états internes du système, en particulier les transmissions, par exemple les vitesses des trois moteurs ;

- optimiser la consommation en carburant et les émissions de polluants ;

- gérer les limites composants, telles que les couples, vitesses, puissances minimales et maximales, tension, intensité, température des moteurs électriques et thermique, puissance minimale et maximale de charge et de décharge de la batterie.

20

Pour cela, l'invention concerne un procédé de commande d'un véhicule hybride à transmission électrique de type série/parallèle, comprenant d'une part un moteur thermique et deux moteurs électriques alimentés par une batterie et qui entraînent les roues d'un véhicule par un double train épicycloïdal, et d'autre part, un

calculateur électronique de commande qui est relié à chacun des trois moteurs par leurs circuits de commande respectifs et à la batterie par son circuit gestionnaire et qui les commande en fonction de l'enfoncement de la pédale d'accélérateur par le conducteur, caractérisé en ce qu'il calcule les consignes de couples  $T_{ME1}$  du premier moteur électrique  $ME_1$  et  $T_{ME2}$  du deuxième moteur électrique  $ME_2$  en fonction

des consignes finales de trois grandeurs,

l'accélération  $(dN_{MT}/dt)_t$  et le couple  $(T_{MT})_t$  du moteur thermique et le couple à la roue  $(T_{roue})_t$ , définies entre des bornes minimale et maximale calculées pour respecter les limites des moteurs et de la batterie en  
5 puissance, en couple, en vitesse minimale et maximale.

D'autres caractéristiques et avantages de l'invention apparaîtront à la lecture de la description d'un exemple de mise en oeuvre du procédé de commande,  
10 illustrée par les figures suivantes qui sont :

- la figure 1 : un schéma de principe d'un dispositif de transmission dans un véhicule hybride série/parallèle à double train épicycloïdal ;
- la figure 2 : un schéma électronique  
15 représentatif d'un exemple de procédé de commande selon l'invention.

Selon la figure 1, l'architecture du dispositif de transmission mécanique de la puissance aux roues, dans  
20 un véhicule hybride de type série/parallèle, comprend un moteur thermique 1 à combustion interne alimenté par un réservoir de carburant, deux moteurs électriques  $ME_1$  et  $ME_2$  reliés à une batterie 4 ou accumulateur et un double train épicycloïdal 5.

25 Le moteur thermique 1 est lié au porte-satellite  $PS_6$  du premier train 6. Un premier moteur électrique  $ME_1$  est lié au planétaire  $P_6$  du premier train épicycloïdal 6 d'une part, et au planétaire  $P_7$  du second train 7  
30 d'autre part.

Le second moteur électrique  $ME_2$  est lié à la couronne  $C_7$  du second train 7, et le porte-satellite  $PS_7$  du second train 7 est lié à la couronne  $C_6$  du premier train 6,

qui entraîne les roues 8 par l'intermédiaire de l'arbre de sortie 9.

Les moteurs électriques  $ME_1$  et  $ME_2$  et leur circuit électronique de puissance associé sont équipés chacun d'un circuit électronique de commande 11 et 12 respectivement, leur permettant de fonctionner dans les quatre quadrants en commande de couple, courant et vitesse. Le moteur thermique 1 est associé à un circuit 10 de commande en couple, ou en angle d'ouverture du papillon par exemple.

Un calculateur électronique de commande 13, de type superviseur, reçoit des informations des différents organes du véhicule, comme le moteur thermique 1, et les deux moteurs électriques  $ME_1$  et  $ME_2$  par l'intermédiaire de leurs circuits de commande respectifs, et du circuit gestionnaire 14 de la batterie 4. De plus, il tient compte de la demande du conducteur définie par l'enfoncement de la pédale d'accélérateur 15 et par le sélecteur manuel 16 de mode thermique, hybride ou électrique. La position de la pédale traduit une demande de couple à appliquer sur les roues pour satisfaire la demande de vitesse exprimée par le conducteur.

Selon une variante de réalisation, l'arbre 17 du moteur thermique peut être relié à une roue libre 18, permettant, en mode tout électrique, d'utiliser les deux moteurs électriques afin de satisfaire le couple demandé par le conducteur, tout en optimisant le rendement de la chaîne de traction. Il n'est plus nécessaire alors d'asservir le moteur thermique à un régime nul, et on bénéficie de plus, du couple réactif de la roue libre.

L'objet de l'invention est un procédé de commande d'un véhicule hybride selon cette architecture relativement complexe, prenant en compte les interactions entre les différentes composantes. Il calcule le couple de chacun des deux moteurs électriques à partir du couple à la roue demandé par le conducteur et des consignes de régime et de couple du moteur thermique. Les deux consignes sont déterminées à partir de la vitesse des roues mesurée, du couple demandé à la roue et l'état de charge de la batterie, dans le but d'optimiser le rendement global de la chaîne de traction du véhicule, et de minimiser la consommation de carburants et l'émission de polluants.

Un exemple de procédé de commande selon l'invention est représenté sur la figure 2, dans lequel est privilégiée la consigne de régime du moteur thermique sur celle du couple demandé à la roue.

La première étape e, du procédé consiste à établir les tables de lois de gestion de l'énergie, qui vont définir la consigne du régime ainsi que celle du couple du moteur thermique afin de satisfaire le couple demandé à la roue par le conducteur, de minimiser la consommation de carburant et d'électricité et de décharger ou recharger la batterie en fonction de l'état de charge. La demande du conducteur concernant le couple à la roue est interprétée à partir de la position de la pédale d'accélérateur.

Ces tables de lois sont prédéterminées en fonction de l'état du véhicule, défini par la vitesse  $V_v$  du véhicule, le couple à la roue  $T_{roue}$  demandé par le conducteur, l'état de la batterie et les couples

minimal et maximal de chaque moteur électrique  $T_{ME1}$  et  $T_{ME2}$ . L'état de la batterie comprend l'état de charge SOC, la température, l'intensité du courant débité, la tension de sortie et les puissances minimales et maximales obtenues.

A partir de ces informations, le véhicule peut fonctionner selon différents modes :

- 10       - en mode tout électrique, si le moteur thermique est éteint, le véhicule étant mû uniquement grâce à l'énergie électrique ;
- en mode hybride avec boost électrique quand la batterie fournit l'énergie électrique par l'intermédiaire d'un ou des deux moteurs
- 15       électriques et donc qu'elle se décharge ;
- en mode hybride avec recharge de la batterie grâce au moteur thermique en marche qui fournit de l'énergie au système ;
- 20       - en mode tout thermique quand la puissance de la batterie est nulle.

Le mode de fonctionnement étant ainsi déterminé par l'état du véhicule ou par sélection manuelle, les tables de lois de gestion de l'énergie définissent le régime  $N_{MT}$  et le couple  $T_{MT}$  du moteur thermique.

D'autre part, elles tiennent compte de la puissance demandée  $P_{roue}$  à la roue pour en déduire la puissance de la batterie, par différence entre cette puissance à la roue et la puissance du moteur thermique, au rendement près. En mode hybride et fonctionnement normal, la consigne de la puissance de la batterie est négative pour de faibles puissances à la roue, ce qui permet au moteur thermique de fonctionner à un point de bon rendement. Lorsque la puissance demandée à la roue est

élevée, la batterie ajoute sa puissance à celle du moteur thermique et donc se décharge. Lorsque cette puissance à la roue  $P_{\text{roue}}$  est dans la zone des valeurs moyennes, la batterie ne débite ni ne reçoit de  
5 courant. Une telle table de gestion de l'énergie permet, en circuit urbain, de rester à l'état de charge constant relativement. Dans le cas où la charge de la batterie devient inférieure à sa valeur définie, la puissance de recharge sera augmentée pendant que la  
10 puissance de décharge sera diminuée. Ces variations seront inversées quand l'état de charge est trop élevé.

Ainsi, la consigne de la puissance de la batterie est fournie dans une table de gestion de l'énergie dont les  
15 entrées sont la puissance à la roue et l'état de charge.

La deuxième étape  $e_2$  consiste à déterminer les bornes minimale  $(N_{\text{MT}})_{\text{min}}$  et maximale  $(N_{\text{MT}})_{\text{max}}$  du régime  $N_{\text{MT}}$  du  
20 moteur thermique. En raison de l'interdépendance des régimes des différents composants liés au double train épicycloïdal par la formule de Willis, les quatre vitesses respectivement des roues, des deux moteurs électriques et du moteur thermique sont liées par deux  
25 équations, donc seules deux vitesses sont indépendantes l'une de l'autre. Ainsi, pour une vitesse de roue donnée, le régime de consigne du moteur thermique est limité par les vitesses minimales et maximales des deux moteurs électriques  $ME_1$  et  $ME_2$ .

30

Simultanément, une troisième étape  $e_3$  calcule les limites admissibles des composants que sont le moteur thermique, les deux moteurs électriques et la batterie. Il existe deux types de changements de limitations des  
35 composants : d'une part, ceux qui sont liés à une

défaillance du composant, en cas de surchauffe par exemple, de sorte que les limites de puissance, de couple, ou les vitesses minimale et maximale du composant peuvent être changées sur une échelle de  
5 temps généralement longue. D'autre part, les changements dus aux limitations de couple disponible en sortie de chacun des trois moteurs électriques et thermique en fonction de leur régime instantané, qui peuvent être beaucoup plus rapides. Les limites sont  
10 recalculées à chaque instant.

En cas de défaillance, les limites des composants admissibles peuvent être calculées soit directement au niveau du superviseur, soit au niveau du composant lui-même et dans ce cas, l'information doit remonter au  
15 superviseur. Cette étape de gestion des limites contribue notablement à la robustesse de la commande. Il ne modifie pas séquentiellement l'un ou l'autre des couples moteurs pour satisfaire les consignes  
20 demandées, mais simultanément, lorsque les limites des composants sont atteintes. Il est ainsi possible de corriger la commande en couple si le composant voisin est saturé, afin de satisfaire les différents critères.

25 Ainsi, cette troisième étape e, part du régime instantané  $N_{\text{th}}$  du moteur thermique, et des régimes instantanés  $N_{\text{M1}}$  et  $N_{\text{M2}}$  des moteurs électriques d'une part et des informations sur les composants soit l'état général de la batterie et pour chacun des moteurs la  
30 température  $\theta$ , notamment celle du moteur thermique pour optimiser son fonctionnement et réduire les émissions polluantes, les valeurs minimales et maximales  $P_{\text{min}}$  et  $P_{\text{max}}$  de la puissance,  $T_{\text{min}}$  et  $T_{\text{max}}$  du couple et  $N_{\text{min}}$  et  $N_{\text{max}}$  du régime d'autre part. Cette étape délivre les limites  
35 des composants soit les bornes minimales et maximales

11

de la puissance de la batterie  $P_{bat}$ , de la puissance des moteurs électriques  $P_{ME1}$  et  $P_{ME2}$ , du couple de ces deux moteurs  $T_{ME1}$  et  $T_{ME2}$  et du couple du moteur thermique  $T_{MT}$ .

- 5 La quatrième étape  $e_4$  permet la détermination des consignes de couple  $(T_{MT})_c$  et de régime  $(N_{MT})_c$  du moteur thermique à partir du couple  $T_{MT}$  et du régime  $N_{MT}$  déterminés par la table de gestion de l'énergie, à l'étape  $e_1$ , qui fournit le point de meilleur
- 10 fonctionnement à puissance fixée. Si la vitesse du moteur obtenue dépasse les bornes autorisées par les formules de WILLIS à l'étape  $e_2$ , les consignes de régime, et en conséquence de couple, du moteur thermique sont alors corrigées. La puissance du moteur
- 15 thermique est directement issue de la différence entre la puissance de la batterie et celle des roues.

- A partir de l'asservissement du régime  $N_{MT}$  du moteur thermique à sa valeur de consigne  $(N_{MT})_c$  définie à
- 20 l'étape précédente, l'étape  $e_5$  calcule la consigne d'accélération  $(dN_{MT}/dt)_c$  du moteur thermique.

- Cet asservissement est réalisé par un correcteur Proportionnel Intégral PI ou un contrôleur à modèle
- 25 interne par exemple.

- La détermination de la consigne finale de cette accélération sera faite après calcul de ses limites supérieure et inférieure, à l'étape suivante  $e_6$ ,
- 30 réalisé à partir des limites des composants calculées à l'étape  $e_3$ . Pour cela, l'accélération du moteur thermique  $dN_{MT}/dt$  est définie par l'équation suivante
- $E_1$  :

35  $(E_1) \quad dN_{MT}/dt = a * T_{MT} + b * T_{ME1} + c * T_{ME2}$

qui traduit sa dépendance aux liaisons mécaniques entre les trois moteurs et entre les trains qui les relient, ainsi qu'à leur dimensionnement. Les coefficients  $a$ ,  $b$  et  $c$  sont des paramètres qui dépendent du dimensionnement de la chaîne de traction, soit les raisons des trains épicycloïdaux, les rapports de réduction et les inerties des moteurs thermique et électriques.

10

Cette prise en compte simultanée des couples de tous les moteurs, thermique et électriques, pour satisfaire la consigne est nécessaire dans le cas du double différentiel, car le régime du moteur thermique dépend précisément de ces couples. Sans le nouveau dispositif de commande selon l'invention, on peut enregistrer des sursrégimes sur le double différentiel en prenant en compte les limites des composants.

20 Après cette étape  $e_6$  de calcul des bornes maximale  $(dN_{\text{MT}}/dt)_{\text{max}}$  et minimale  $(dN_{\text{MT}}/dt)_{\text{min}}$  de l'accélération du moteur thermique, l'étape suivante  $e_7$  sélectionne la consigne finale d'accélération  $(dN_{\text{MT}}/dt)_e$  qui est contenue dans les limites accessibles et est la plus proche de la consigne d'accélération initiale.

Comme précédemment, le procédé réalise une étape  $e_8$  de saturation de la demande en couple à la roue en fonction des limites des organes, grâce à un algorithme de recherche des bornes minimale  $(T_{\text{roue}})_{\text{min}}$  et maximale  $(T_{\text{roue}})_{\text{max}}$ , qui fonctionne quelles que soient les limites des composants, par résolutions successives de systèmes d'équations de manière analytique. Cet algorithme est donc facilement codable dans un calculateur embarqué et permet d'éviter des pertes de couple à la roue et des

35

13

oscillations. Etant donné que les couples des moteurs ont une répercussion à la fois sur l'accélération du moteur thermique et le couple à la roue, ce dernier est calculé à partir d'une accélération désirée, définie à l'étape  $e_1$ .

Les bornes extrêmes du couple à la roue sont définies par l'équation suivante  $E_2$  :

$$(E_2) \quad T_{\text{roue}} = \alpha * T_{\text{MT}} + \beta * T_{\text{ME1}} + \gamma * T_{\text{ME2}}$$

les coefficients  $\alpha$ ,  $\beta$  et  $\gamma$  étant des paramètres de même nature que les coefficients  $a$ ,  $b$  et  $c$  de l'équation  $E_1$  précédente.

L'étape suivante  $e_2$  détermine la consigne  $(T_{\text{roue}})_f$  finale de ce couple à la roue en sélectionnant celui qui est le plus proche du couple demandé initialement.

Cette consigne peut être modifiée tout en restant admissible, c'est-à-dire en assurant une accélération ou une décélération minimale à assurer, afin de mieux répondre à la demande de couple à la roue.

Connaissant le couple à la roue  $(T_{\text{roue}})_f$  par l'étape  $e_2$  et l'accélération du moteur thermique  $(dN_{\text{MT}}/dt)_f$  par l'étape  $e_2$ , demandés, le procédé détermine à l'étape  $e_{10}$  la borne minimale  $(T_{\text{MT}})_{\text{min}}$  et la borne maximale  $(T_{\text{MT}})_{\text{max}}$  admissibles sur le couple du moteur thermique en fonction des limites des composants, définies à l'étape  $e_3$ .

"

L'étape  $e_{11}$  suivante sélectionne le couple final du moteur thermique  $(T_{\text{MT}})_f$  le plus proche du couple initialement calculé à l'étape  $e_4$ .

35

- Le but du procédé de commande étant de calculer les consignes en couple des deux moteurs électriques  $ME_1$  et  $ME_2$ , à partir du couple  $(T_{MT})_t$  du moteur thermique, de son accélération  $(dN_{MT}/dt)_t$  désirée et de la consigne de couple à la roue  $(T_{roue})_t$ , ces trois données étant déterminées à ce stade du procédé, la dernière étape  $e_{12}$  doit résoudre un système de deux équations linéaires à deux inconnues qui sont les couples des deux moteurs électriques du véhicule. Les valeurs qui sont alors calculées vérifient toutes les contraintes sur les composants car les consignes sélectionnées pour leur calcul font partie du domaine accessible par le système de commande.
- Dans cet exemple de déroulement du procédé de commande d'un véhicule hybride où la consigne du régime du moteur thermique a été privilégiée sur celle du couple à la roue, l'ordre de détermination des limites consiste à déterminer en premier les bornes de l'accélération du moteur thermique, qui est alors fixée, puis les bornes du couple à la roue. Cet ordre, correspondant à une hiérarchisation particulière des priorités de commande, peut être modifié, en particulier en privilégiant le couple à la roue sur l'accélération du moteur thermique ou en privilégiant le couple du moteur thermique sur son accélération et sur le couple à la roue. Il est également possible de trouver un compromis entre les deux objectifs, afin d'assurer un régime suffisant pour le moteur thermique, tout en évitant des trous de couple lors d'accéléérations ou de décéléérations fortes du régime de cet arbre.
- Grâce au procédé de commande selon l'invention, le véhicule hybride peut rouler selon différentes phases.

Notamment, en mode de fonctionnement hybride avec recharge lors d'une phase de traction, le moteur thermique est en marche et fournit de l'énergie au système qui sert à entraîner les roues et/ou recharger le stock d'énergie électrique de la batterie. Cette dernière peut également fournir de l'énergie, par l'intermédiaire d'un ou des deux moteurs électriques, en mode hybride avec boost électrique.

Lorsque le moteur thermique ne fonctionne pas, en mode tout électrique, le véhicule se déplace grâce à l'énergie électrique seule et on asservit alors le régime du moteur thermique à une valeur nulle dans les différentes étapes du procédé précédemment décrit.

15

Le véhicule passe en phase de freinage régénératif sur un lâcher de pédale d'accélérateur, c'est-à-dire qu'une partie de l'énergie disponible aux roues est réinjectée sous forme électrique dans la batterie. Si le moteur thermique est en marche, il est alors amené à son régime minimal, qui dépend entre autres de la vitesse du véhicule par les diagrammes de RAVIGNEAUX, qui sont fonction des régimes limites des moteurs électriques. Ce régime minimal peut être très supérieur à zéro.

25

À propos de la logique de démarrage, comme d'arrêt du moteur thermique, à condition de changer les seuils, le démarrage est décidé notamment :

- sur détection du couple demandé à la roue et de la vitesse du véhicule et d'un état de la batterie insatisfaisant, c'est-à-dire en état de charge faible avec une température élevée, une tension faible, une intensité électrique forte ou une puissance insuffisante. Dans ce cas, il ne faut plus décharger la batterie et le moteur thermique

ainsi en marche pourra éventuellement recharger la batterie,

- sur détection d'un seuil de vitesse véhicule au-delà duquel la dépendance entre régimes des différents moteurs, liés par le double train épicycloïdal, oblige à démarrer le moteur thermique qui est limité par une vitesse minimale de façon à ce que les moteurs électriques ne soient pas en surrégimes. De plus, ce seuil de vitesse peut varier avec d'autres critères, comme l'état de la batterie ou le couple demandé à la roue.

Dans le procédé de commande qui vient d'être décrit, les critères ont été hiérarchisés dans l'ordre suivant :

- accélération du moteur thermique,
- couple à la roue,
- couple du moteur thermique.

Cet ordre peut être modifié et privilégier la réalisation du couple du moteur thermique issu des tables de lois de gestion de l'énergie, puis l'asservissement du moteur thermique et le couple à la roue.

Il est également possible de regrouper plusieurs critères en un seul.

Les critères ou leurs variations peuvent être saturés de manière à éviter de trop fortes variations du couple du moteur thermique, ou pour obtenir une variation de couple à la roue de même signe que celle demandée par le conducteur, ou encore pour assurer une accélération minimale du régime du moteur thermique.

L'intérêt de ce procédé de commande selon l'invention est qu'il permet de répondre aux différents critères quel que soit leur ordre de hiérarchisation ou leurs valeurs limites à respecter impérativement.

5

Il suffit pour cela d'inverser l'ordre des étapes, par exemple réaliser l'étape  $e_1$  de calcul des limites du couple à la roue  $T_{\text{roue}}$  avec l'étape  $e_2$  de calcul des limites de l'accélération  $dN_{\text{MT}}/dt$ , ou bien d'imposer  
10 une valeur limite de critère, par exemple  $(dN_{\text{MT}}/dt)_{\text{min}}$  pour la détermination du couple à la roue  $T_{\text{roue}}$ .

## R E V E N D I C A T I O N S

1. Procédé de commande d'un véhicule hybride à transmission électrique de type série/parallèle, comprenant d'une part un moteur thermique et deux moteurs électriques alimentés par une batterie et qui  
5 entraînent les roues d'un véhicule par un double train épicycloïdal, et d'autre part, un calculateur électronique de commande qui est relié à chacun des trois moteurs par leurs circuits de commande respectifs et à la batterie par son circuit gestionnaire et qui  
10 les commande en fonction de l'enfoncement de la pédale d'accélérateur par le conducteur, caractérisé en ce qu'il calcule les consignes de couples ( $T_{ME1}$ ) du premier moteur électrique ( $ME_1$ ) et ( $T_{ME2}$ ) du deuxième moteur électrique ( $ME_2$ ) en fonction des consignes finales de  
15 trois grandeurs, l'accélération ( $dN_{MT}/dt$ ), et le couple ( $T_{MT}$ ), du moteur thermique (1) et le couple à la roue ( $T_{roue}$ ), définies entre des bornes minimale et maximale calculées pour respecter les limites des moteurs et de la batterie en puissance, en couple, en vitesse  
20 minimale et maximale.

2. Procédé de commande d'un véhicule hybride selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'il comporte une première phase de détermination des consignes du régime  
25 ( $N_{MT}$ ), et du couple ( $T_{MT}$ ), à partir de tables de gestion de l'énergie recevant en entrée la vitesse ( $V_v$ ) du véhicule, le couple ( $T_{roue}$ ) à la roue et l'état de charge (SOC) de la batterie (4) et fournissant le meilleur point de fonctionnement à puissance fixée,  
30 entre deux bornes minimale et maximale définies par les vitesses minimales et maximales des deux moteurs électriques ( $ME_1$  et  $ME_2$ ).

3. Procédé de commande d'un véhicule hybride selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'il comporte une deuxième phase de saturation de chacune des trois grandeurs de consigne, l'accélération ( $dN_{MT}/dt$ ) et le couple ( $T_{MT}$ ) du moteur thermique et le couple à la roue ( $T_{roue}$ ), en fonction desquelles est effectué le calcul des consignes de couples ( $T_{ME1}$ ) et ( $T_{ME2}$ ) des deux moteurs électriques, par un algorithme de recherche des bornes minimale et maximale en fonction des limites des composants, moteurs et batterie, suivie d'une troisième phase de détermination de la valeur de consigne finale de chacune de ces trois grandeurs contenue entre lesdites bornes et la plus proche de la consigne initiale.

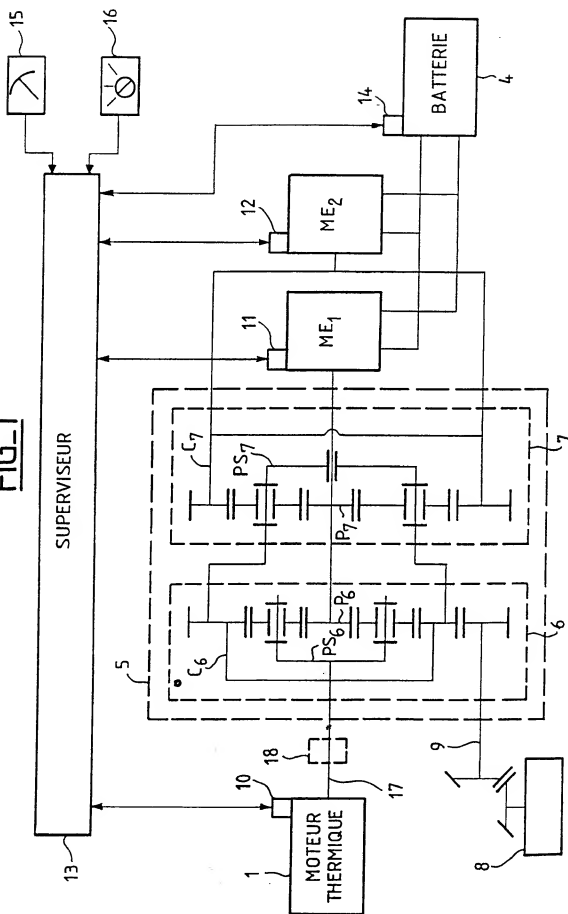
4. Procédé de commande d'un véhicule hybride selon la revendication 2, caractérisé en ce que la première phase de détermination des consignes du régime ( $N_{MT}$ )<sub>c</sub> et du couple ( $T_{MT}$ )<sub>c</sub> comporte une étape ( $e_1$ ) d'établissement des tables de gestion de l'énergie à partir de la vitesse du véhicule ( $V_v$ ), du couple à la roue ( $T_{roue}$ ) demandé par le conducteur selon l'enfoncement de la pédale d'accélérateur, et de l'état de charge (SOC) de la batterie, qui délivrent le couple ( $T_{MT}$ ) et le régime ( $N_{MT}$ ) du moteur thermique, afin d'optimiser un critère de rendement global du véhicule.

5. Procédé de commande d'un véhicule hybride selon la revendication 2, caractérisé en ce que les bornes minimale ( $N_{MT}$ )<sub>min</sub> et maximale ( $N_{MT}$ )<sub>max</sub> du régime du moteur thermique sont déterminés en fonction des vitesses minimales et maximales des deux moteurs électriques ( $ME_1$  et  $ME_2$ ) pour une vitesse de roue donnée, par la formule de WILLIS, traduisant l'interdépendance des

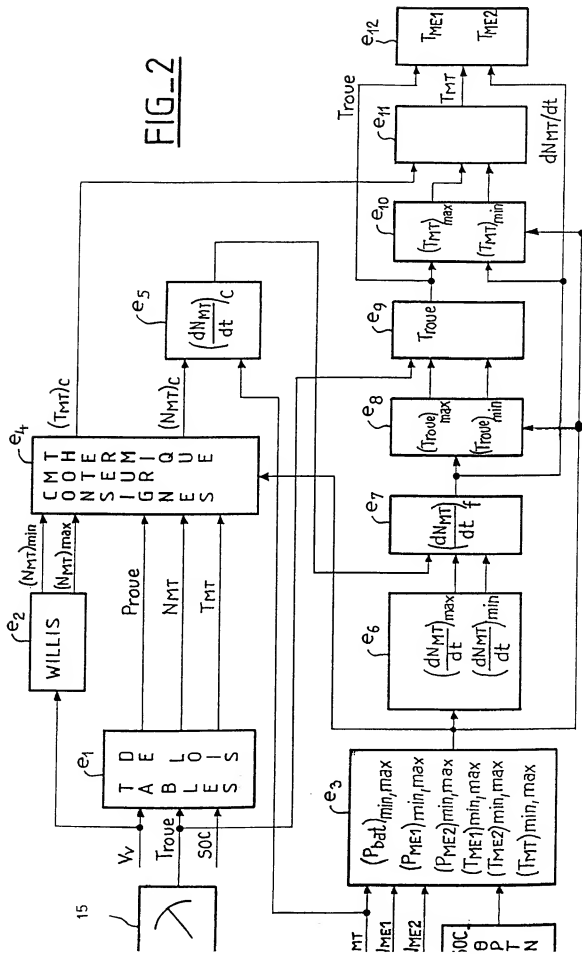
régimes du moteur thermique, des deux moteurs électriques et des roues, liés au double train épicycloïdal.

- 5 6. Procédé de commande d'un véhicule hybride selon la revendication 3, caractérisé en ce que l'étape ( $e_3$ ) de calcul des limites admissibles des composants prend comme information d'entrée d'une part le régime ( $N_{MT}$ ) du moteur thermique, et les régimes ( $N_{ME1}$  et  $N_{ME2}$ ) des  
10 deux moteurs électriques et d'autre part des informations sur les composants soit l'état de charge (SOC) de la batterie, la température d'eau ( $T$ ) du moteur thermique, des valeurs minimales et maximales ( $P_{min}$ ) et ( $P_{max}$ ) de la puissance à la roue, ( $T_{min}$ ) et ( $T_{max}$ )  
15 du couple à la roue et ( $N_{min}$ ) et ( $N_{max}$ ) du régime du moteur thermique, et délivre les bornes minimales et maximales de la puissance de la batterie ( $P_{bat}$ ), de la puissance ( $P_{ME1}$ ) et ( $P_{ME2}$ ) et du couple ( $T_{ME1}$ ) et ( $T_{ME2}$ ) des moteurs électriques et du couple du moteur thermique  
20 ( $T_{MT}$ ).

FIG. 1



FIG\_2



A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER  
IPC 7 B60L11/12 B60L15/20

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 B60L

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

WPI Data, PAJ, EPO-Internal

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	FR 2 774 040 A (RENAULT) 30 July 1999 (1999-07-30) cited in the application abstract; claims 1-13 ---	1
Y	US 5 959 420 A (BOBERG EVAN S ET AL) 28 September 1999 (1999-09-28) abstract; figures 1,3 ---	1
A		2
A	EP 0 830 968 A (SMH MANAGEMENT SERVICES) AG 25 March 1998 (1998-03-25) the whole document ---	1
A	DE 197 45 849 A (BOSCH GMBH ROBERT) 22 April 1999 (1999-04-22) the whole document ---	1
	-/--	

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

\* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier document but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

"Z" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

6 December 2000

Date of mailing of the international search report

12/12/2000

Name and mailing address of the ISA  
European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel: (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl  
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Beyer, F

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	EP 0 781 680 A (DENSO CORP) 2 July 1997 (1997-07-02) abstract; figure 1	1
A	FR 2 679 839 A (JEUMONT SCHNEIDER IND) 5 February 1993 (1993-02-05) cited in the application abstract; figure 2	1

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
FR 2774040 A	30-07-1999	EP 1051308 A WO 9937496 A	15-11-2000 29-07-1999
US 5959420 A	28-09-1999	NONE	
EP 0830968 A	25-03-1998	AU 3678497 A BR 9704739 A JP 10115240 A US 5927416 A	26-03-1998 29-12-1998 06-05-1998 27-07-1999
DE 19745849 A	22-04-1999	WO 9921261 A EP 0944946 A	29-04-1999 29-09-1999
EP 0781680 A	02-07-1997	JP 9203332 A US 5789881 A	05-08-1997 04-08-1998
FR 2679839 A	05-02-1993	NONE	

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE  
CIB 7 B60L11/12 B60L15/20

Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB

B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE

Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement)

CIB 7 B60L

Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche

Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si réalisable, termes de recherche utilisés)

WPI Data, PAJ, EPO-Internal

C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie *	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
Y	FR 2 774 040 A (RENAULT) 30 juillet 1999 (1999-07-30) cité dans la demande abrégé; revendications 1-13	1
Y	US 5 959 420 A (BOBERG EVAN S ET AL) 28 septembre 1999 (1999-09-28)	1
A	abrégé; figures 1,3	2
A	EP 0 830 968 A (SMH MANAGEMENT SERVICES AG) 25 mars 1998 (1998-03-25) le document en entier	1
A	DE 197 45 849 A (BOSCH GMBH ROBERT) 22 avril 1999 (1999-04-22) le document en entier	1
	-/-	

☒ Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents

☒ Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe

\* Catégories spéciales de documents cités:

\*A\* document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent

\*E\* document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date

\*L\* document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée)

\*O\* document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens

\*P\* document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée

\*T\* document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention

\*X\* document particulièrement pertinent: l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément

\*Y\* document particulièrement pertinent: l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier

\*Z\* document qui fait partie de la même famille de brevets

Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée

6 décembre 2000

Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale

12/12/2000

Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale

Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl.  
Fax: (+31-70) 340-3016

Fonctionnaire autorisé

Beyer, F

## C.(suite) DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
A	EP 0 781 680 A (DENSO CORP) 2 juillet 1997 (1997-07-02) abrégé; figure 1	1
A	FR 2 679 839 A (JEUMONT SCHNEIDER IND) 5 février 1993 (1993-02-05) cité dans la demande abrégé; figure 2	1

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
FR 2774040 A	30-07-1999	EP 1051308 A WO 9937496 A	15-11-2000 29-07-1999
US 5959420 A	28-09-1999	AUCUN	
EP 0830968 A	25-03-1998	AU 3678497 A BR 9704739 A JP 10115240 A US 5927416 A	26-03-1998 29-12-1998 06-05-1998 27-07-1999
DE 19745849 A	22-04-1999	WO 9921261 A EP 0944946 A	29-04-1999 29-09-1999
EP 0781680 A	02-07-1997	JP 9203332 A US 5789881 A	05-08-1997 04-08-1998
FR 2679839 A	05-02-1993	AUCUN	